



Identificación y cuantificación de la carga contaminante al acuífero freático en la localidad de Monte Hermoso

Identification and quantification of groundwater contaminant load of Monte Hermoso

Lexow, Claudio ¹ ✉ - Di Martino, Claudina ^{1,2} - Lafont, Daniela ¹ - Albouy, René ¹ - Marcos, Angel ¹

Recibido: 30 de noviembre de 2016 • Aceptado: 13 de diciembre de 2016

Resumen

La decisión instalar o no una actividad potencialmente contaminante debe considerar el peligro de contaminación del acuífero. Este está determinado por la interacción de la probabilidad de generación de una carga contaminante con los diferentes grados de vulnerabilidad. Monte Hermoso es una localidad turística ubicada sobre la costa Atlántica del Sudoeste de la Provincia de Buenos Aires, cuya única fuente de abastecimiento de agua en la actualidad, es el acuífero freático. En este trabajo se plantea la necesidad de identificar y valorar las distintas amenazas antrópicas, potencialmente contaminantes del recurso hídrico subterráneo, a fin de ser consideradas dentro de un programa de protección del acuífero. Las amenazas señaladas como potencialmente contaminantes fueron: el basural a cielo abierto, las lagunas de estabilización de efluentes cloacales, el sistema de saneamiento público, los sectores con sistema de saneamiento in situ, estaciones de servicio y posibles derrames accidentales. Se determinó el índice de carga contaminante (ICC) para cada una de las actividades antrópicas en función de las siguientes características semi independientes: a) la clase de contaminante; b) la intensidad de la contaminación; c) el modo de disposición en el subsuelo y d) el tiempo de aplicación de la carga contaminante. Se observó, a través de los resultados, que los mayores ICC estarían relacionados con el basural a cielo abierto y con los sectores carentes de red de saneamiento, lo que evidencia la necesidad de avanzar con el proyecto del relleno sanitario y la cobertura total de la red de saneamiento público.

Palabras clave: Monte Hermoso, carga contaminante, acuífero freático.

Abstract

The installation or not of a potentially contaminant activity should must take into consideration consider the hazard of aquifer contamination. The hazard is determined as the interaction of the contaminant load with the different zones of aquifer vulnerability. Monte Hermoso is a tourist city located on the southwest Atlantic coast of Buenos Aires Province. Today, the only source of water supply is the phreatic aquifer.

1. Departamento de Geología. Universidad Nacional del Sur.
Av. Alem 1253 - Cuerpo B'. Piso 2º (8000) Bahía Blanca,
Argentina.

✉ lexow@uns.edu.ar

2. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional
Bahía Blanca. 11 de abril 461, (8000) Bahía Blanca, Argentina.

This paper raises the need to identify and assess the different anthropogenic threats potentially polluting of groundwater resource. The threats potentially polluting were: solid waste disposal facility, stabilization lagoons of sewage, public sanitary system, domestic septic tanks, gasoline stations and accidental spills. The following semi-independent features of contaminant load from anthropogenic activities were determined: a) contaminant class; b) intensity of contaminant; c) contaminant disposition mode; and d) contaminant load duration. The most elevated contaminant loads would be related to the solid waste disposal facility and the underserved sectors of public sanitary system. It demonstrates the need to move forward with the project of the sanitary landfill and the total network coverage of public sanitation.

Keywords: Monte Hermoso, contaminant load, phreatic aquifer.

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Monte Hermoso es una localidad turística en pleno crecimiento y desarrollo que, como tantas otras de la costa atlántica bonaerense, tiene en el agua subterránea su única fuente de abastecimiento. El agua es un recurso vulnerable e indispensable para la vida de los seres humanos y para la naturaleza en su conjunto. Además, es un insumo imprescindible en numerosos procesos productivos, por lo que debe ser contemplado tanto en los planes específicos de gestión de los recursos hídricos, como en todos los planes generales relacionados con la protección del ambiente y el desarrollo social y económico. Por esta razón, surge la necesidad de contar, como primera herramienta, con un inventario de fuentes potenciales de contaminación del recurso hídrico subterráneo que cuente, además, con los valores estimados de su índice de carga contaminante (ICC) que impacta sobre este factor ambiental.

Di Martino (2014) pudo demostrar la existencia de amenazas (naturales, socio-naturales, antrópico-contaminantes y antrópico-tecnológicas) y vulnerabilidades (físicas, económicas, sociales, políticas, técnicas, ideológicas, culturales, educativas, ecológicas, institucionales y sanitarias) que pueden poner en riesgo la sustentabilidad del recurso hídrico subterráneo de la localidad.

En ese sentido, el presente trabajo, se funda sobre dos pilares conceptuales básicos. Por un lado reconocer a las actividades que serán inventariadas como Amenazas antrópico – contaminantes en el sentido que definió Lavell (1994). Por el otro, entender que vulnerabilidad a la contaminación de un acuífero es el conjunto de características intrínsecas que determinan su susceptibilidad a ser adversamente afectado por una carga contaminante (Foster, 1987). En general las actividades son aquellas relacionadas a procesos de contaminación derivados de derrames, efluentes cloacales o basurales a cielo abierto que lixivian y contaminan acuíferos como también a procesos de eliminación o depósito de desechos líquidos y sólidos, de origen doméstico, sin canalización o procesamiento, etc.

El objetivo de este trabajo es presentar un inventario de actividades potencialmente contaminantes al acuífero que a su vez esté clasificado en orden de importancia de acuerdo al ICC respectivo de carga contaminante implementando la metodología propuesta por Foster et al. (2002). Estos resultados serán necesarios para elaborar un mapa de peligro (Foster e Hirata, 1988) definido como la interacción entre la intensidad de la carga contaminante antrópica y la vulnerabilidad del acuífero.

DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

Ubicación geográfica

Monte Hermoso es una localidad turística ubicada al Sur de la Provincia de Buenos Aires, en los 38° 59' de latitud Sur y 61° 15' de longitud Oeste. Es cabecera del partido homónimo que limita al Sur con el Océano Atlántico, al Norte y al Este con el Partido de Coronel Dorrego y al Oeste con el Partido de Coronel de Marina Leonardo Rosales (Figura 1). Cuenta con una población estable de 6.494 habitantes según el último censo (INDEC, 2010), mientras que la población en temporada estival, se estima en un promedio de 6 personas por cada una de las 11.338 partidas habitacionales, lo que implica unos 70.000 habitantes, sin considerar la población excursionista (Caruso et al., 2010). Presenta una densidad poblacional estable aproximada de 794 hab/km².



Figura 1. Ubicación del área de estudio.

Geología e Hidrogeología

La localidad de Monte Hermoso está situada en la Subregión Hidrogeológica Médanos Costeros (*Santa Cruz y Silva Busso, 1999*) también denominada Región Costera (*Auge, 2004*). El acuífero libre está alojado, en los sedimentos arenosos de la Formación Punta Médanos y en la porción superior de los Sedimentos Pampeanos subyacentes (Figura 2), ambos constituyentes de la denominada Sección Hidroestratigráfica Epiparaniana (*DYMAS, 1974*).

Los Sedimentos Pampeanos tienen características acuíferas-acuitardas producto de las variaciones litológicas que presentan. Hacia el Norte del área de estudio esta unidad geológica aflora o está cubierta por sedimentos eólicos "pospampeanos" sobre los que han evolucionado los suelos actuales. Hacia la costa están cubiertos por dunas y médanos correspondientes a la Formación Punta Médanos (*CFI, 1990 en Santa Cruz y Silva Busso, 1999*). Presentan elevada permeabilidad y porosidad efectiva, debido a la arena suelta y bien seleccionada que los componen (*Auge, 2004*). La presencia de estos médanos costeros favorecen la rápida infiltración del agua de lluvia y su incorporación a la zona saturada (recarga) por lo que constituyen excelentes almacenes de agua. Su explotación es la única fuente de aprovisionamiento que poseen la mayoría de las localidades costeras de la provincia. La recarga al acuífero freático es de aproximadamente el 40% de la precipitación anual regional promedio de 670,5 mm (*Di Martino, 2014*), es decir, una carga hidráulica natural de 0,73 mm/d.

METODOLOGÍA

El presente trabajo se basa en la aplicación de la metodología propuesta por *Foster e Hirata (1988)* partiendo del reconocimiento del grado de dificultad en la estimación cuantitativa de determinadas variables (ej. concentraciones y volúmenes de carga contaminante) que deben ser consideradas en la aplicación sobre el terreno. Sin embargo, se ha aplicado debido a la escasa complejidad y diversidad de las fuentes de contaminación y a la baja densidad de actividades existentes. En primer

lugar se realizó un inventario de las actividades potencialmente contaminantes que comprendió la identificación, localización espacial, período de funcionamiento y la caracterización de las prácticas utilizadas de forma sistemática.

En segundo término se procedió a la caracterización del ICC para cada una de las actividades antrópicas en función de las siguientes características semi independientes (Figura 3):

- La clase de contaminante (C) definida por su tendencia hacia la degradación o transformación in-situ (como resultado de la actividad bacteriológica o reacción química en el ambiente subterráneo) y por su coeficiente de retardo (relacionado con el flujo de aguas subterráneas y los procesos como intercambio de cationes, sorción, etc.).
- La intensidad de la contaminación (I) definida por la concentración relativa de cada contaminante involucrado de acuerdo con los valores recomendados por la OMS para la calidad de agua potable y por la proporción en área de la zona de recarga del acuífero, afectada. Su mayor calificación estará en condiciones de concentración relativa entre 106 y 109, para una proporción de la recarga afectada mayor del 10%. Dada la falta de análisis específicos de cada una de las fuentes para caracterizar este parámetro se hará referencia a lo sugerido por *Foster e Hirata (1988)*.
- El modo de disposición (M) en el subsuelo está definido por la carga hidráulica (incremento sobre la tasa de recarga natural o sobre recarga hidráulica) asociada con la descarga de contaminante y la profundidad debajo de la superficie del terreno, en la cual el efluente o lixiviado contaminado que ingresa es descargado o generado; y
- El tiempo de aplicación de la carga contaminante (T) definido por la probabilidad de descarga del contaminante al subsuelo y por el período durante el cual la carga contaminante es aplicada.

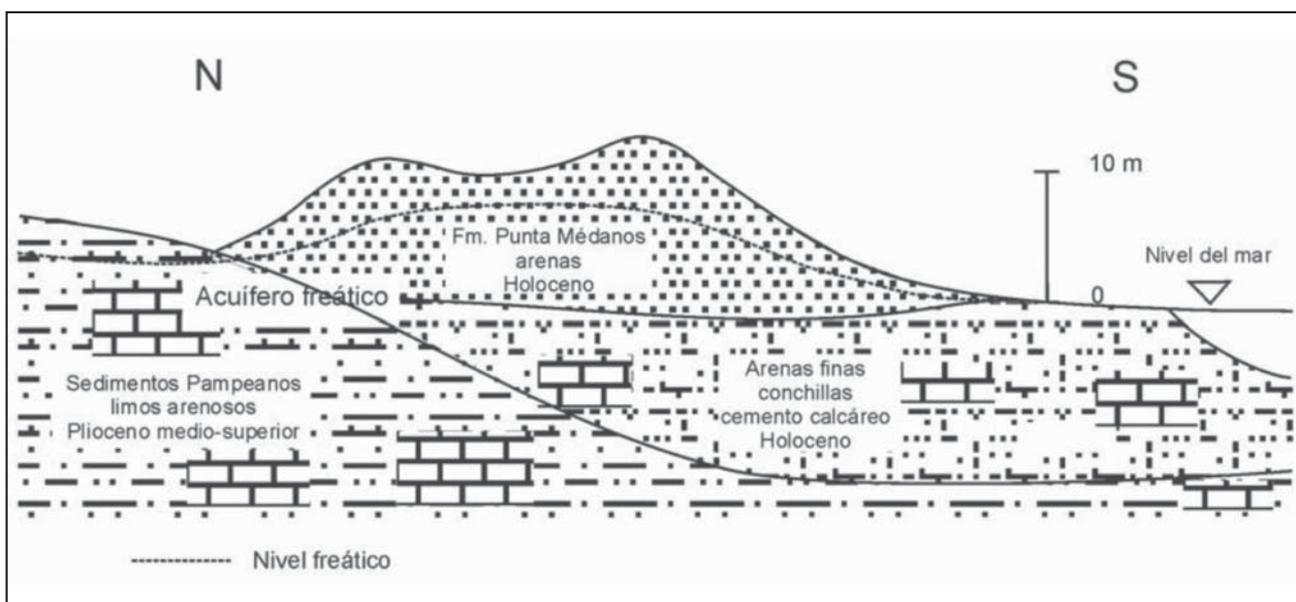


Figura 2. Esquema hidroestratigráfico (Fuente: Di Martino et al. 2012).

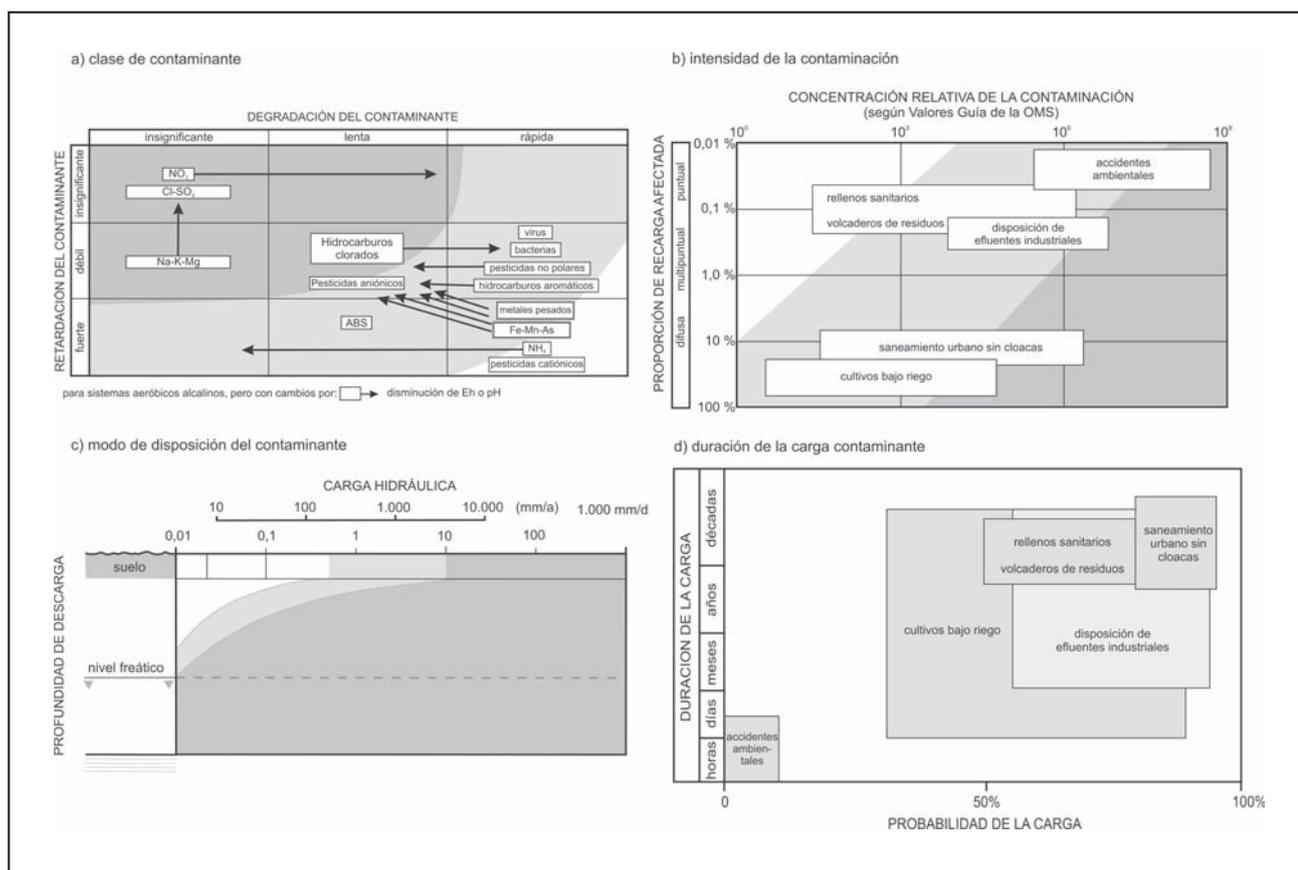


Figura 3. Caracterización de las cargas contaminantes (Fuente: Foster e Hirata, 1988).

El ICC se obtiene de la sumatoria de cada una de estas características semi independientes multiplicada por un factor de peso homogéneo de 0,25. Para efectuar las valoraciones es muy importante conocer aspectos teóricos y prácticos acerca de la movilidad y la persistencia de los compuestos o sustancias involucrados en las principales actividades potencialmente generadoras de carga contaminante al subsuelo. Es decir aquellas características fisicoquímicas como son la adsorción, la capacidad de intercambio iónico, la solubilidad, como así también procesos químicos tales como precipitación, hidrólisis, complejación y biodegradación para evaluar el transporte de los contaminantes tanto en la zona no saturada como saturada. El ICC se clasifica como reducido (0 - 0,30), moderado (0,31 - 0,60) o elevado (0,61 - 1).

RESULTADOS

En principio se llevó a cabo la identificación de aquellas actividades reconocidas como amenazas potencialmente contaminantes para el recurso hídrico subterráneo. Las mismas fueron categorizadas en difusas, multipuntuales y puntuales, siguiendo el criterio de Foster et al. (2002).

Fuentes de contaminación difusa - multipuntual

Área urbana con servicios de cloacas (Ucc)

El servicio de agua corriente y/o potable de Monte Hermoso está a cargo de la Municipalidad del mismo nombre. El número de partidas con red de agua corriente habilitada es de aproximadamente 7500 y la red colectora cloacal abastece a

7400 sobre un total de 11.338 partidas que componen el ejido urbano (Caruso et al., 2010). Por tratarse de una red que ya cuenta con una antigüedad, en algunos sectores superior a los 20 años, es factible aplicar un porcentaje de pérdida del 20% (sic). Además no todas las viviendas están conectadas al sistema colector y se han registrado con frecuencia denuncias de contaminación bacteriológica en los pozos de explotación domésticos utilizados con fines recreativos o riego. La cobertura del sistema de abastecimiento de agua coincide con la del servicio cloacal, que cubre aproximadamente el 66% de las partidas.

Esta fuente podría considerarse multipuntual pues tiene lugar a través de roturas aleatorias a lo largo de las cañerías y de los de los pozos ciegos aún existentes que en términos de ocupación de área equivale a 335 ha y a unos 4600 habitantes. La descarga al subsuelo sería de unos 0,1 mm/d. Si bien estos efluentes se caracterizan por presentar elevadas concentraciones de sólidos disueltos, materia orgánica, cloruros, nitratos, nitritos, detergentes, microorganismos, etc. a los efectos de caracterizarlos para el objetivo planteado en el presente trabajo se tomará como indicador el nitrato (NO_3), por sus condiciones de limitante para el consumo humano y su movilidad en el subsuelo (Figura 4).

Áreas residenciales urbanas sin servicios de cloacas (Usc)

El 34% de las partidas no cuenta con el servicio cloacal y por lo tanto utiliza domiciliariamente pozos sépticos. En términos de ocupación de área, este porcentaje equivale a 165 ha y 2310 habitantes.

Se entiende a esta fuente como de aporte multipuntual a través de pozos ciegos, sin embargo en su expresión territorial la sumatoria de los aportes individuales podrían resultar, para el sector considerado, del tipo difuso. Esta característica corresponde a un 34% de las partidas que en términos de ocupación de área equivale a 165 ha y a 2310 habitantes. Considerando un consumo por habitante de 400 l/d, que a su vez se evacúan, el aporte al subsuelo sería de unos 0,56 mm/d. También se considerará como indicador el NO_3 , por sus condiciones de limitante para el consumo humano y su movilidad en el subsuelo (Figura 4).

Fuentes de contaminación puntual

Laguna de efluentes (Le)

Las lagunas de estabilización se encuentran, al noreste del núcleo urbano, ocupando unas 6 ha (Figura 4). Se ubican sobre terrenos arenosos friables de origen eólico que se extienden hasta unos 8 - 10 m de profundidad. El efluente cloacal de la localidad es colectado en la ex planta depuradora y de allí transportado, a las lagunas, a través de una cañería de 4 km de longitud (2 km por impulsión y 2 km por gravedad). Las lagunas fueron impermeabilizadas utilizando una base de tosca y cemento. El efluente, una vez depurado, se deriva al Río Sauce Grande.

En este tipo de lagunas es común encontrar una carga importante de material orgánico junto con altas concentraciones de nutrientes y sales. Se debe considerar que muchos

contaminantes, especialmente los microorganismos y metales pesados, quedarán retenidos en los sedimentos del fondo.

Es una fuente puntual con carga hidráulica positiva y constante. Dadas las características constructivas es factible suponer que existan filtraciones a través del piso compactado. En términos cualitativos, sería posible evaluar el nivel de funcionamiento de las lagunas de aguas residuales municipales por medio de un riguroso control de caudales de entrada y salida a fin de calcular el balance hídrico en la misma. Esto debería complementarse con la construcción de pozos de monitoreo de la calidad del agua subterránea circundante. Para ese tipo de terreno se puede asignar una permeabilidad de $1 \cdot 10^{-4}$ m/d (Driscoll, 1986) que equivale a 0,1 mm/d de recarga por unidad de área. En este tipo de instalaciones (lagunas) tanto los microorganismos como metales pesados son fuertemente degradados y adsorbidos respectivamente (Foster e Hirata, 1988), por lo tanto, como para el caso anterior, se toma el NO_3 como elemento indicador para evaluar la situación (Figura 5).

Disposición de residuos sólidos (Rs)

La recolección de los residuos sólidos urbanos (RSU) se encuentra a cargo del Municipio de Monte Hermoso. Los mismos son volcados en un basural a cielo abierto (de unas 3 ha, que se ubica a unos 3 Km al NO del centro) (Figura 4) sin ningún tipo de tratamiento previo, ni control. En la actualidad, se encuentra en ejecución el proyecto de reciclaje de RSU y de la construcción de un relleno sanitario.

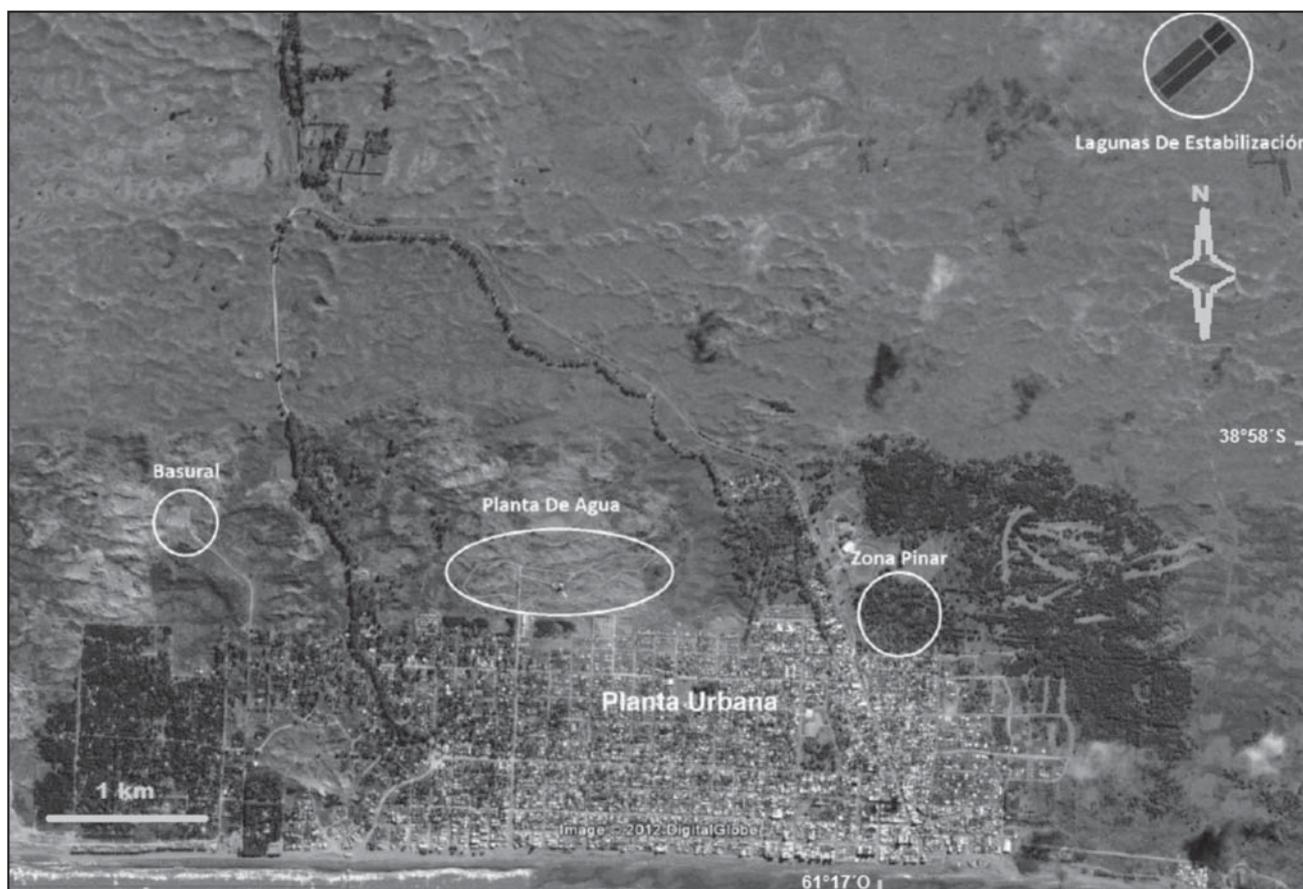


Figura 4. Ubicación de las lagunas de estabilización y el basural a cielo abierto (Fuente: Di Martino, 2014).

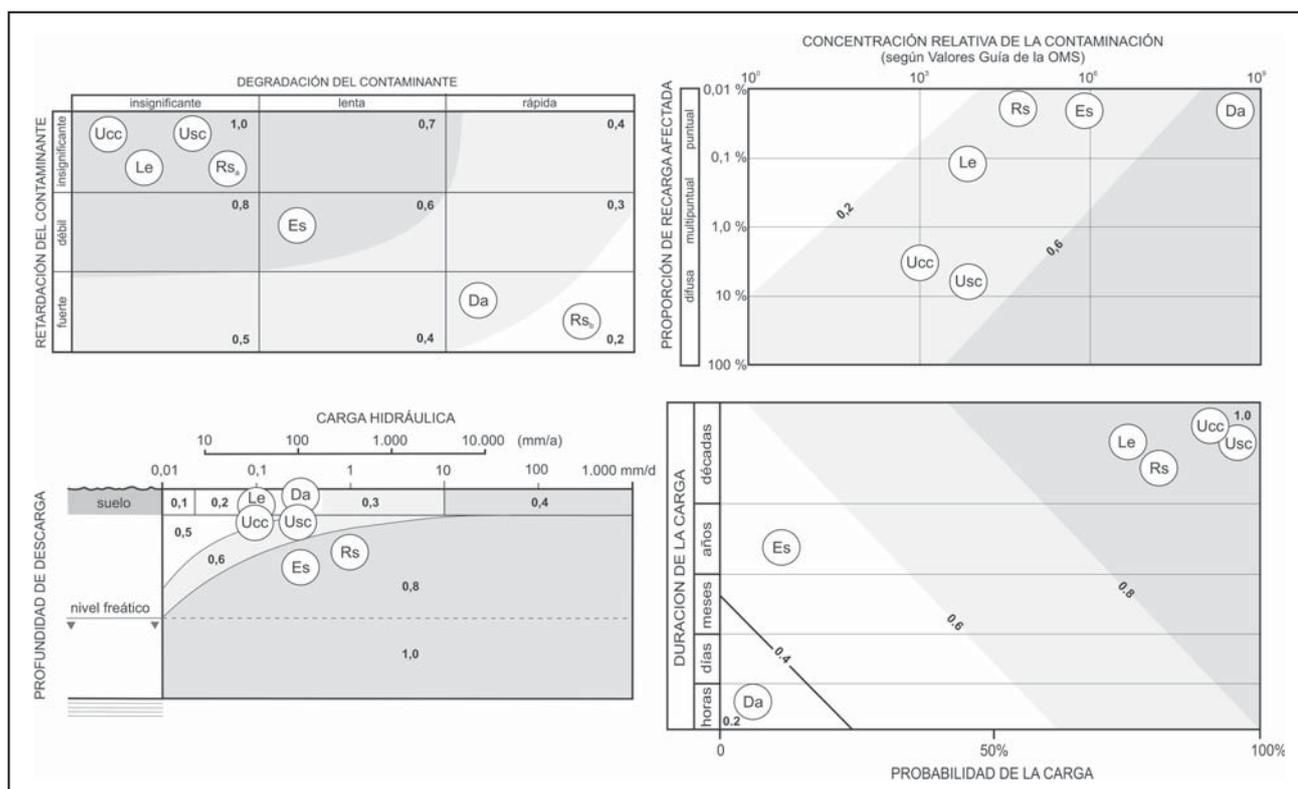


Figura 5. Caracterización de las cargas contaminantes.

Se trata de una fuente puntual, continua y de disposición directa sobre el terreno excavado. Al tratarse de un sitio de acumulación de residuos sin control se encuentran elementos muy variados: desechos orgánicos, chatarra, productos oleosos, baterías, plásticos, restos de poda, inertes, etc. La producción de lixiviados está en relación directa con las precipitaciones, la pendiente del terreno, el tipo de cobertura y el grado de humedad y densidad aparente de los residuos. Si bien estos dos últimos parámetros no están caracterizados es posible efectuar una cuantificación aproximada a partir de la precipitación (Henry y Heinke, 1996) y considerando el área sin escurrimiento superficial por tratarse de una zona medianosa resulta en un 50% de la precipitación anual, es decir una carga hidráulica de 0,97 mm/d. Se proponen como indicadores a considerar los nitratos (NO₃) y los metales pesados identificados como Rs_a y Rs_b respectivamente (Figura 5).

Estaciones de servicio (Es)

Las estaciones de servicio son uno de los elementos antrópicos de mayor afectación en la problemática de la contaminación de las aguas subterráneas en zonas urbanas, sobre todo antes de la década del 90 cuando no existían firmes regulaciones en cuanto al almacenamiento y manipulación de los combustibles.

En la localidad existen actualmente dos de estas instalaciones, una de ellas con una antigüedad superior a los 50 años y la otra inaugurada hace 2 años. Si bien las regulaciones aplicadas por la Secretaría de Energía a partir del año 1993 en cuanto a la construcción y vigilancia de las estaciones de servicio han mejorado mucho la situación ocurren con cierta frecuencia situaciones que provocan fugas de combustibles.

Éstas son fuentes puntuales y potencialmente contaminantes del acuífero freático con hidrocarburos livianos. Las causas más probables de una posible fuga es la rotura de alguno de los sistemas que componen el almacenamiento del producto, es decir el propio tanque de almacenamiento subterráneo (TAS) o el sistema de cañerías. En la actualidad existen normativas (Secretaría de Energía Res. 1102/2004) que regulan tanto la instalación de los TAS como los sistemas de detección de fugas que se pueden utilizar de forma individual o combinada, obteniendo así un sistema de detección redundante. Sin embargo las pérdidas son denunciadas a menudo, por lo que es factible aplicar una frecuencia de ocurrencia 0,057 año⁻¹ (USEPA, 1986). Se considerará una carga hidráulica equivalente a la recarga por agua de lluvia, pues se evalúa el transporte por disolución de los productos (Figura 5).

Derrames accidentales (Da)

En esta categoría se podría involucrar el transporte, el manejo y disposición de sustancias peligrosas que ocurren con alguna frecuencia; dentro de esta categoría podría ser considerado el transporte de combustible. Este tipo de accidentes es capaz de causar una importante carga contaminante al subsuelo y amenazar la calidad del agua subterránea en algunos acuíferos. Se consideran las vías de comunicación, caminos y rutas, y también las terminales de carga y descarga.

Son sucesos de muy baja probabilidad pero de gran impacto puntual y de afectación inmediata. Se representará el caso de un vuelco de un transporte con plaguicidas pero que son retenidos en la zona no saturada, es decir no alcanza el fluido a llegar a la capa freática. De esta manera su transporte se considera por lixiviación de la recarga en tránsito a partir del agua de lluvia (Figura 5).

En los gráficos Clase de contaminante y Modo de disposición, la ubicación de cada tipo de amenaza (una vez seleccionada la sustancia contaminante indicadora), es relativamente sencilla, puesto que cada cuadrante tiene una calificación determinada. En los casos correspondientes a Intensidad y Duración, el valor relativo se debe calcular mediante interpolación lineal.

En la Tabla 1 se muestran los ICC calculados al aplicar la sumatoria de cada una de las características semi independientes multiplicada por el factor 0,25. Los valores obtenidos clasifican como moderados y elevados.

CONCLUSIONES

Lograr una clasificación de cargas contaminantes al acuífero, en un área específica, es muy importante como herramienta

para identificar las actividades que presentan procesos con una mayor probabilidad de generación de contaminación al acuífero. Esta clasificación es de utilidad al momento de establecer prioridades para definir qué actividades deberán ser estudiadas más detalladamente.

Los mayores ICC están relacionados con el basural a cielo abierto (0,75) y con los sectores carentes de red de saneamiento (0,78), lo que evidencia la necesidad de avanzar con el proyecto del relleno sanitario y la cobertura total de la red de saneamiento público.

Si bien la laguna de efluentes muestra un ICC elevado esta no representa una verdadera amenaza para el acuífero freático explotable pues desde el punto de vista hidrológico el flujo subterráneo es hacia el Este y descarga en el Río Sauce Grande.

Tabla 1. Caracterización de las cargas contaminantes

TIPO DE ACTIVIDAD	TIPO DE CONTAMINANTE	CLASIFICACION DEL CONTAMINANTE				ICC		
		CLASE	INTENSIDAD	MODO	DURACION	VALOR	CLASIFICACION	
Ucc	NO ₃	1	0,4	0,5	1	0,73	elevado	
Usc	NO ₃	1	0,5	0,6	1	0,78	elevado	
Le	NO ₃	1	0,3	0,3	0,9	0,63	elevado	
Rs	a	NO ₃	1	0,3	0,8	0,9	0,75	elevado
	b	Metales pesados	0,2	0,3	0,8	0,9	0,55	moderado
Es	Hidrocarburos	0,6	0,4	0,8	0,5	0,58	moderado	
Da	Plaguicidas	0,2	0,7	0,3	0,2	0,35	moderado	

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

AUGE, M., 2004.

Regiones Hidrogeológicas. República Argentina y provincias de Buenos Aires, Mendoza y Santa Fé. Ciudad de La Plata. 112 pp. EBook: <http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/miguel/RegionesHidrogeol.pdf>.

CARUSO, M., CIFUENTES, O. Y VAQUERO, M., 2010.

Impacto del Turismo sobre los Servicios de Agua Corriente y Desagües Domiciliarios. Estudio de caso: Monte Hermoso, Provincia de Buenos Aires. 4 Congreso Latinoamericano de Investigación Turística. Eje Temático: Espacio Turístico y Medio Ambiente. Universidad de la República. Montevideo. Uruguay. 26 pp.

DI MARTINO, C.; CIFUENTES, O.; ALBOUY, R.; MARCOS, A.; CALÓ, J., 2012.

Evaluación preliminar del funcionamiento de la batería de pozos de abastecimiento en Monte Hermoso. Argentina. Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente. 29, 73-81.

DI MARTINO C., 2014.

Sustentabilidad del recurso hídrico subterráneo de Monte Hermoso, provincia de Buenos Aires, República Argentina. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Bahía Blanca. Tesis de Maestría en Ingeniería Ambiental. 208 pp. En: http://www.edutecne.utn.edu.ar/tesis/tesis_Di_Martino_FRBB.pdf.

DYMAS, 1974.

Contribución al mapa geohidrológico de la provincia de Buenos Aires. Escala 1:500.000. DYMAS (CFI-PBA), La Plata, Inédito.

DRISCOLL, F.G., 1986.

Groundwater and wells. Johnson Division. Minnesota. 1088 pp.

FOSTER, S., 1987.

Fundamental concepts in aquifer vulnerability pollution risk and protection strategy. Vulnerability of Soil and Groundwater to Pollution, Proceedings and Information No. 38 of the International Conference held in the Netherlands, TNO Committee on Hydrological Research, Delft, The Netherlands.

- FOSTER, S. E HIRATA, R., 1988.
Groundwater pollution risk assessment: a methodology using available data.
WHO-PAHO/HPE-CEPIS Technical Manual, Lima, Peru. 81 pp.
- FOSTER, S., HIRATA, R., GOMES, D., D'ELIA, M. Y PARIS, M., 2002.
Groundwater quality protection: a guide for water service companies, municipal authorities and environment agencies.
World Bank, WMATE. Washington, 101 pp.
- HENRY, J.G. Y HEINKE, G.W., 1996.
Ingeniería Ambiental. Segunda Edición.
Prentice Hall. México. 778 pp.
- LAVELL, A., 1994.
Viviendo en riesgo. Comunidades vulnerables y prevención de desastres en América Latina.
Capítulo 2: Degradación ambiental, riesgo y desastre Urbano. Ed. FLACSO. LA RED-CEPREDENAR. Argentina.
- SANTA CRUZ, J. Y SILVA BUSSO, A., 1999.
Escenario Hidrogeológico General de los Principales Acuíferos de la Llanura Pampeana y Mesopotamia Septentrional, Argentina.
En: II Congreso Argentino de Hidrogeología y IV Seminario Hispano Argentino sobre Temas Actuales en Hidrología Subterránea. San Miguel de Tucumán, Tucumán. 461-471.
- USEPA, 1986.
Hazardous waste tank failure model: Description of methodology.
EPA 530-SW- 86-012.



ASAGAI

ASOCIACIÓN ARGENTINA
DE GEOLOGÍA APLICADA
A LA INGENIERÍA

Relleno de playa en Honu Beach (Mar del Plata, Argentina)

Bértola, Germán R. - del Río, J. Luis - Farenga, Marcelo

Ensayo de un sistema de indicadores sincrónico y diacrónico para la determinación de calidad ambiental en playas turísticas de la costa atlántica bonaerense

del Río, J. L. - Patat, L. - Lucero, M. - Zamora, A. - Moschione, E. - Bó, M.J. - Camino, M. - López de Armentia, A. - Farenga, M.

Características morfométricas y morfodinámicas de una cuenca hidrográfica de llanura

Calvi, Carolina - Dapeña, Cristina - Massone, Héctor - Martínez, Daniel

Identificación y cuantificación de la carga contaminante al acuífero freático en la localidad de Monte Hermoso

Lexow, Claudio - Di Martino, Claudina - Lafont, Daniela - Albouy, René - Marcos, Angel

Propuesta para el estudio comparativo del recurso hídrico subterráneo. Ejemplo de caso: cuencas de los arroyos Langueyú y Del Azul

*Barranquero, Rosario Soledad - Varni, Marcelo Raúl - Pardo, Rafael - Vega, Marisol - Zabala, María Emilia
Ruiz de Galarreta, Víctor Alejandro*

Riesgo hídrico poblacional a la contaminación por efluentes urbanos en Misiones

Páez Campos, Hugo Ramiro - Dornes, Pablo Fernando

Dispersión de hidrocarburos disueltos en el acuífero freático a partir de la fase libre no acuosa

Lexow, Claudio - Pera Vallejos, Guillermo - Tonelli, Stella - Carrica, Jorge

Caracterización geoelectrónica, hidrodinámica e hidroquímica del acuífero pampeano y su relación con el arroyo Pergamino, provincia de Buenos Aires

Ruiz, María Soledad - Perdomo, Santiago - Patricia Calahorra, Fuertes - Jerónimo Ainchil - Villarreal, Julio

Portada: Desarrollo de playas en la Reserva Ecológica Costanera Sur. *Fotografía Rubén A. López y Silvia C. Marcomini.*

**Revista de Geología
Aplicada a la Ingeniería
y al Ambiente**

